

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 15 442.2  
**Anmeldetag:** 09. April 2002  
**Anmelder/Inhaber:** ThyssenKrupp Stahl AG,  
Duisburg/DE  
**Bezeichnung:** Dreidimensionale Knotenstruktur  
**IPC:** B 62 D 25/00

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 24. April 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

8-018

**BEST AVAILABLE COPY**

### Dreidimensionale Knotenstruktur

Die Erfindung betrifft eine aus Hohlprofilen gebildete dreidimensionale Knotenstruktur eines Tragrahmens für Fahrzeuge sowie ein Verfahren zu deren Herstellung.

Knotenstrukturen für Fahrzeugtragrahmen sind in verschiedenen Ausführungen bekannt. In der EP 0568 213 B1 ist eine dreidimensionale Knotenstruktur mit einem Verbindungsstück zur Verbindung von Elementen eines Fahrzeugtragrahmens beschrieben. Das Verbindungsstück besteht aus einem vorzugsweise strangepressten U-Profil mit zwei Schenkelplatten und einer die Schenkelplatten verbindenden Stegplatte, in die ein Tragelement eingelegt und mit diesem durch Verkleben verbunden ist. Auf den Außenseiten einer Schenkelplatte und der Stegplatte sind im wesentlichen quaderförmige Ansetzstücke befestigt, auf die stirnseitig weitere Tragelemente aufgesteckt und mit dem Verbindungsstück verklebt werden können, so dass sich im Ergebnis die Tragelemente zu einer stabilen Knotenstruktur in kompakter Bauweise verbinden lassen. Nachteilig an dieser Konstruktion ist jedoch, dass sie zur Verbindung der Tragelemente ein weiteres Bauteil in Form des Verbindungsstücks erfordert, was zu einer unerwünschten Erhöhung des Gesamtgewichts des Tragrahmens führt.

Bei einer aus der Praxis bekannten Anwendung der aufgrund fehlender Schweißflansche gewichtsgünstigen Innenhochdruckumform-Technologie (IHU) werden gebogene Hohlprofile zur Erzeugung einer dreidimensionalen

Knotenstruktur eingesetzt. Jedoch erweist es sich dabei als problematisch, dass ein Mindestbiegeradius nicht unterschritten werden kann, so dass einerseits eine Verwendung in Karosseriebereichen mit beengtem Bauraum oftmals nicht in Frage kommt und andererseits vorhandenes Gewichtseinsparungspotential ungenutzt bleibt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Knotenstruktur der eingangs genannten Art zu schaffen, die bei hoher Steifigkeit sich durch eine kompakte Bauweise und ein geringes Gewicht auszeichnet.

Diese Aufgabe wird mit einer Knotenstruktur der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die Knotenstruktur aus zwei Hohlprofilen besteht, von denen das erste Hohlprofil mindestens eine ebene Seite aufweist und entlang seines Umfangs bis auf einen in der ebenen Seite liegenden Steg durchtrennt und um diesen Steg aufgebogen ist, und das zweite Hohlprofil mindestens zwei ebene Seiten aufweist, die an den durch das Trennen und Aufbiegen entstandenen, einander zugekehrten Enden des ersten Hohlprofils anliegen, wobei die beiden Hohlprofile an den Randbereichen des ersten Hohlprofils stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

Der besondere Vorteil dabei ist, dass durch das Auftrennen des ersten Hohlprofils mit anschließender Biegeoperation ein im Vergleich zu konventionell mittels IHU hergestellten Knotenstrukturen extrem kleiner Biegeradius erzielt werden kann, welcher eine sehr kompakte und damit gewichtsoptimierte Bauweise der Knotenstruktur ermöglicht. Gleichzeitig wird eine sehr hohe Steifigkeit erreicht, da die an den Enden des ersten Hohlprofils anliegenden Seitenwände des zweiten

Hohlprofils die Knotenstruktur als Schottbleche des ersten Hohlprofils verstärken. Der Einsatz zusätzlicher verstärkender Bauteile in Form von Stützblechen o.ä. ist folglich nicht mehr notwendig, was zu einer gewichtsgünstigen Bauweise beiträgt.

Bei einer Ausgestaltung der Erfindung liegen die Konturen der beiden Hohlprofile möglichst spaltfrei aneinander. Dadurch ergibt sich eine verbesserte Verteilung der im Falle eines Crashes wirkenden Kräfte auf den gesamten Tragrahmen, wodurch die Gefahr des Kollabierens einzelner Elemente des Tragrahmens reduziert wird. Insbesondere wird das Auftreten punktueller Belastungsspitzen vermieden, da die Hohlprofile formschlüssig aneinander liegen. Da solche dreidimensionale Knotenstrukturen speziell im Bereich der Fahrgastzelle eingesetzt werden, ergibt sich somit ein erhöhter Schutz für die Fahrzeuginsassen im Falle eines Crashes.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weisen die einander zugekehrten Enden des ersten Hohlprofils vorstehende Randbereiche auf, welche an dem zweiten Hohlprofil anliegen. Diese bilden für das Verbinden der beiden Hohlprofile durch Schweißen, Löten oder ein anderes Fügeverfahren gut nutzbare Anbindungszonen.

Wird die Knotenstruktur in besonders belasteten Bereichen des Fahrzeugtragrahmens eingesetzt, ist es zweckmäßig, dass im Bereich der Kanten des ersten Hohlprofils entlang des Trennschnitts sich über den gesamten Kantenradius erstreckende, dem Kantenradius entsprechend gekrümmte viereckige Ausschnitte symmetrisch zum Trennschnitt ausgeschnitten sind. Somit wird eine belastungsbedingte Kerbwirkung in den Ecken der einander zugekehrten Enden

des ersten Hohlprofils weitgehend vermieden. In diesem Zusammenhang erweist es sich als besonders vorteilhaft, wenn die ausgeschnittenen Ausschnitte abgerundete Ecken aufweisen. Bei einem Einsatz der Knotenstruktur in weniger belasteten Bereichen des Fahrzeugtragrahmens kann auf diese Ausgestaltungen im Sinne einer kostengünstigen Fertigung verzichtet werden.

Ferner wird die oben angegebene Aufgabe durch ein Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Knotenstruktur mit den folgenden Schritten gelöst:

- a) Auftrennen eines ersten Hohlprofils mit mindestens einer ebenen Seite entlang seines Umfangs bis auf einen in der ebenen Seite liegenden Steg.
- b) Aufbiegen des ersten, teilweise aufgetrennten Hohlprofils um den in der ebenen Seite liegenden Steg,
- c) Ansetzen eines zwei ebenen Seiten aufweisenden zweiten Hohlprofils mit diesen Seiten an die durch das Trennen und Aufbiegen entstandenen, einander zugekehrten Enden des ersten Hohlprofils und
- d) stoffschlüssiges Verbinden des zweiten Hohlprofils mit dem ersten Hohlprofil an dessen Randbereichen.

Durch das Aufbiegen des ersten Hohlprofils kann die Geometrie der dreidimensionalen Knotenstruktur ohne übermäßigen fertigungstechnischen Aufwand den räumlichen Vorgaben des Anwenders angepasst werden. Dabei muss der Winkel zwischen den zwei ebenen Seiten des zweiten Hohlprofils mit dem Biegewinkel übereinstimmen, um ein möglichst spaltfreies Aneinanderliegen der beiden Hohlprofile zu ermöglichen.

Nach einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens ist vorgesehen, dass vor dem Auftrennen das erste Hohlprofil entlang seines Umfangs bis auf einen in der ebenen Seite liegenden Steg ausgeformt wird und dass der Trennschnitt mittig durch die Ausformung gelegt wird. Dadurch lassen sich mithilfe des Trennvorgangs an den einander zugekehrten Enden des ersten Hohlprofils vorstehende Randbereiche erzeugen, welche sich flächig an die ebenen Seiten des zweiten Hohlprofils anlegen und günstige geometrische Verhältnisse für die stoffschlüssige Verbindung der beiden Hohlprofile und damit auch hinsichtlich ihrer Belastbarkeit schaffen. Die Ausformung wird dabei bevorzugt durch Innenhochdruckformen in das erste Hohlprofil eingebracht.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens ist vorgesehen, dass das Auftrennen des ersten Hohlprofils durch Laserstrahlschneiden erfolgt. Dies ermöglicht präzise geschnittene Kanten, wodurch ebenfalls das stoffschlüssige Verbinden der Hohlprofile erleichtert wird.

Die Hohlprofile können durch Schweißen oder Löten verbunden werden, wobei sich der Einsatz von Laserstrahlung zum Schweißen oder Löten wiederum als besonders vorteilhaft erweist.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung erläutert. Im einzelnen zeigen:

Fig. 1                    eine aus Hohlprofilen gebildete  
dreidimensionale Knotenstruktur eines

Tragrahmens für Fahrzeuge in  
perspektivischer Ansicht,

- Fig. 2            die Knotenstruktur der Fig. 1 in Draufsicht  
                 aus der Sicht des Pfeils A in Fig. 1,
- Fig. 3            die Knotenstruktur der Fig. 1 unter  
                 Weglassen der Schweißnähte aus der Sicht des  
                 Pfeils A in Fig. 1,
- Fig. 4            die Knotenstruktur der Fig. 1 im Querschnitt  
                 nach Linie B-B der Fig. 2,
- Fig. 5 a-e       die Verfahrensschritte zur Herstellung der  
                 Knotenstruktur der Fig. 1,

Die in Fig. 1 dargestellte dreidimensionale Knotenstruktur besteht aus zwei Hohlprofilen 1, 2, welche zusammen die Form eines Dreibeins bilden und stoffschlüssig miteinander verbunden sind. Das erste Hohlprofil 1, das einen im wesentlichen quadratischen Querschnitt aufweist, ist entlang seines Umfangs bis auf einen Steg 1c aufgetrennt und um den Steg 1c aufgebogen, so dass zwei einander zugekehrte Enden 1a, 1b des Hohlprofils 1 entstehen. Das zweite Hohlprofil 2 weist einen Querschnitt in Form eines gleichschenkligen Dreiecks auf und liegt mit seinen Schenkelseiten 2a, 2b an den Enden 1a, 1b des ersten Hohlprofils 1 an. Dabei entspricht der Winkel zwischen den Schenkelseiten 2a, 2b dem Biegewinkel, so dass die Schenkelseiten 2a, 2b an den Stirnseiten der Enden 1a, 1b des Hohlprofils 1 möglichst spaltfrei anliegen.

Die beiden Enden 1a, 1b des Hohlprofils 1 weisen entlang ihres Trennschnitts umgebogene Randbereiche 1d, 1e, 1f auf, welche an den Schenkelseiten 2a, 2b des Hohlprofils 2 anliegen. Mit seinem stirnseitigen Ende schließt das Hohlprofil 2 dabei annähernd bündig mit den umgebogenen Randbereichen 1d der Enden 1a, 1b ab, woraus sich die erwähnte Form eines Dreibeins ergibt. Eine Verlängerung über das Hohlprofil 1 hinaus ist allerdings denkbar. Die beiden Enden 1a, 1b des Hohlprofils 1 sind an ihren umgebogenen Randbereichen 1d, 1e, 1f mit den Schenkelseiten des zweiten Hohlprofils über Schweißnähte 3a, 3b, 3c verbunden. Die gemeinsame Kante 2c der Schenkelseiten 2a, 2b des Hohlprofils 2 ist mit dem Steg 1c des Hohlprofils 1 über eine Schweißnaht 3d verbunden.

Die Figuren 2 und 3 zeigen die Knotenstruktur in einer Draufsicht, wobei in Fig. 2 aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die Darstellung der Schweißnähte verzichtet ist.

In Fig. 5 a-e sind die einzelnen Verfahrensschritte zur Herstellung der Knotenstruktur dargestellt. Wie in Fig. 5a gezeigt, wird zunächst mittels Innenhochdruckumformens eine Ausformung 1x in drei Seiten des Hohlprofils 1 entlang dessen Umfangs eingebracht. Sodann wird das Hohlprofil 1 entlang der Mitte der Ausformung 1x vorzugsweise durch Laserstrahlschneiden bis auf einen Steg 1c in der nicht ausgeformten vierten Seite aufgetrennt (Fig. 5b). Dabei wird das Schneidwerkzeug derart geführt, dass im Bereich der Kanten des Hohlprofils (1) sich über den gesamten Kantenradius erstreckende, dem Kantenradius entsprechend gekrümmte viereckige Ausschnitte (1g) symmetrisch zum Trennschnitt ausgeschnitten werden. Dadurch werden entlang des



Trennschnitts vorstehende Randbereiche 1d, 1e, 1f erzeugt. Anschließend wird das Hohlprofil 1 um den Steg 1c um den Biegewinkel  $\alpha$  aufgebogen (Fig. 5c). In einem nächsten Schritt wird das Hohlprofil 2 mit seinen Schenkelseiten 2a, 2b, deren eingeschlossener Winkel dem Biegewinkel  $\alpha$  entspricht, an die Enden 1a, 1b des Hohlprofils 1 angesetzt (Fig. 5d), so dass die vorstehenden Randbereiche 1d, 1e, 1f allesamt an den Schenkelseiten 2a, 2b anliegen. In einem in Fig. 5e gezeigten letzten Schritt werden die Enden 1a, 1b des Hohlprofils 1 mit den Schenkelseiten 2a, 2b des Hohlprofils 2 an den vorstehenden Randbereichen 1d, 1e, 1f verschweißt. Zudem wird der Steg 1c mit der gemeinsamen Kante 2c der Schenkelseiten 2a, 2b verschweißt.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Aus Hohlprofilen gebildete dreidimensionale Knotenstruktur eines Tragrahmens für Fahrzeuge  
dadurch gekennzeichnet, dass die Knotenstruktur aus zwei Hohlprofilen (1, 2) besteht, von denen das erste Hohlprofil (1) mindestens eine ebene Seite aufweist und entlang seines Umfangs bis auf einen in der ebenen Seite liegenden Steg (1c) durchtrennt und um diesen Steg (1c) aufgebogen ist, und das zweite Hohlprofil (2) mindestens zwei ebene Seiten aufweist, die an den durch das Trennen und Aufbiegen entstandenen, einander zugekehrten Enden (1a, 1b) des ersten Hohlprofils (1) anliegen, wobei die beiden Hohlprofile (1, 2) an den Randbereichen (1d, 1e, 1f) des ersten Hohlprofils (1) stoffschlüssig miteinander verbunden sind.
2. Knotenstruktur nach Anspruch 1  
dadurch gekennzeichnet, dass die Konturen der beiden Hohlprofile (1, 2) möglichst spaltfrei aneinander liegen.
3. Knotenstruktur nach Anspruch 1 oder 2  
dadurch gekennzeichnet, dass das erste Hohlprofil (1) an seinen einander zugekehrten Enden (1a, 1b) vorstehende Randbereiche (1d, 1e, 1f)

aufweist, die an dem zweiten Hohlprofil (2) anliegen.

4. Knotenstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 3

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
im Bereich der Kanten des ersten Hohlprofils (1)  
entlang des Trennschnitts sich über den gesamten  
Kantenradius erstreckende, dem Kantenradius  
entsprechend gekrümmte viereckige Ausschnitte (1g)  
symmetrisch zum Trennschnitt ausgeschnitten sind.

5. Knotenstruktur nach Anspruch 4

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
die ausgeschnittenen Ausschnitte (1g) abgerundete Ecken  
aufweisen.

6. Verfahren zur Herstellung einer Knotenstruktur nach  
Anspruch 1

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h folgende  
Verfahrensschritte:

- a) Auftrennen eines ersten Hohlprofils (1) mit  
mindestens einer ebenen Seite entlang seines Umfangs  
bis auf einen in der ebenen Seite liegenden Steg  
(1c).
- b) Aufbiegen des ersten, teilweise aufgetrennten  
Hohlprofils (1) um den in der ebenen Seite liegenden  
Steg,
- c) Ansetzen eines zwei ebene Seiten aufweisenden  
zweiten Hohlprofils (2) mit diesen Seiten (2a, 2b)  
an die durch das Trennen und Aufbiegen entstandenen,  
einander zugekehrten Enden (1a, 1b) des ersten  
Hohlprofils (1)
- d) stoffschlüssiges Verbinden des zweiten Hohlprofils  
(2) mit dem ersten Hohlprofil (1) an dessen

Randbereichen (1d, 1e, 1f) ..

7. Verfahren nach Anspruch 4

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
vor dem Auftrennen das erste Hohlprofil (1) entlang  
seines Umfangs bis auf einen in der ebenen Fläche  
liegenden Steg (1c) ausgeformt wird und dass der  
Trennschnitt mittig durch die Ausformung (1x) gelegt  
wird.

8. Verfahren nach Anspruch 5

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
die Ausformung (1x) durch Innenhochdruckumformen in das  
erste Hohlprofil (1) eingebracht wird.

9. Verfahren nach Anspruch 4

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
die Auftrennung des ersten Hohlprofils (1) durch  
Laserstrahlschneiden erfolgt.

10. Verfahren nach Anspruch 4

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
die Hohlprofile (1, 2) durch Schweißen oder Löten  
verbunden werden.

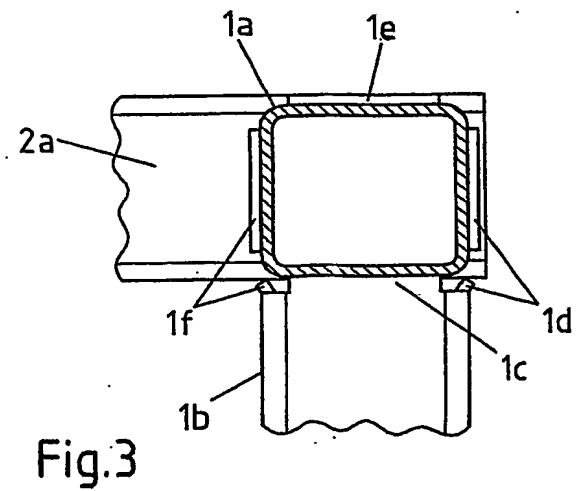
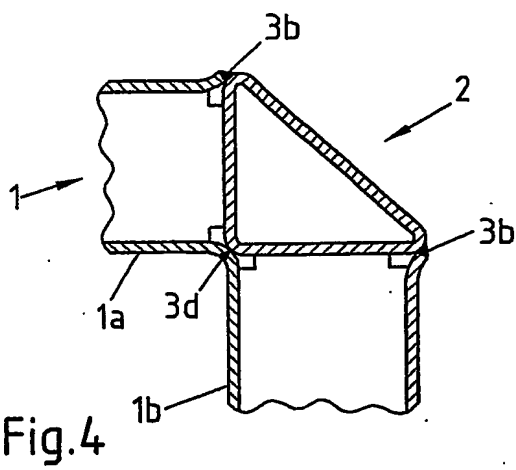
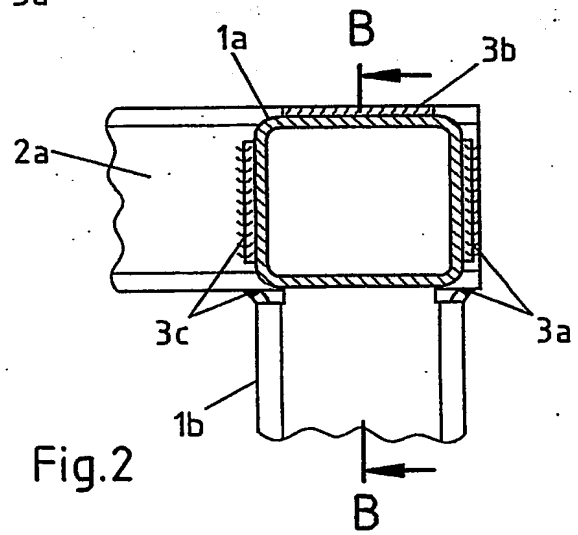
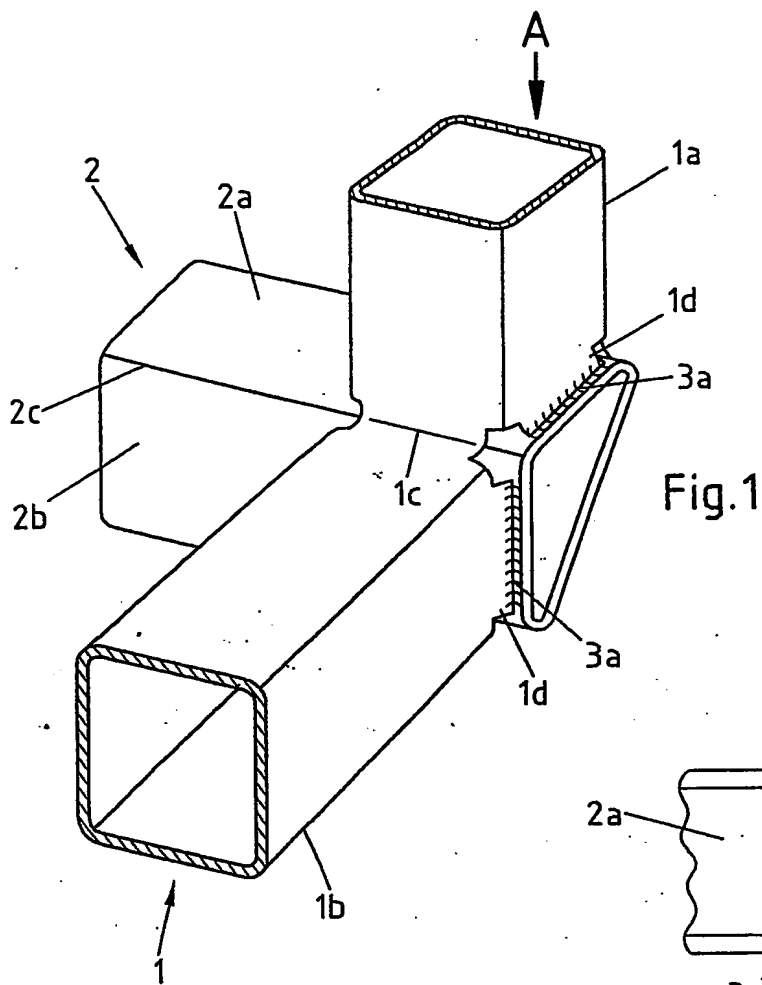
11. Verfahren nach Anspruch 8

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
die Schweißung oder Lötung mittels Laserstrahlung  
erfolgt.

## Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft eine dreidimensionale Knotenstruktur eines Tragrahmens für Fahrzeuge sowie ein Verfahren zu deren Herstellung. Dabei besteht die Knotenstruktur aus zwei Hohlprofilen (1, 2), von denen das erste Hohlprofil (1) mindestens eine ebene Seite aufweist und entlang seines Umfangs bis auf einen in dieser ebenen Seite liegenden Steg (1c) durchtrennt und um diesen Steg (1c) aufgebogen ist. Das zweite Hohlprofil (2) weist mindestens zwei ebene Seiten auf und liegt mit diesen an den durch das Trennen und Aufbiegen entstandenen Enden (1a, 1b) des ersten Hohlprofils (1) an. Die beiden Hohlprofile (1, 2) sind an den Randbereichen (1d, 1e, 1f) der Enden (1a, 1b) stoffschlüssig miteinander verbunden.

Für die Zusammenfassung ist Fig. 1 bestimmt.



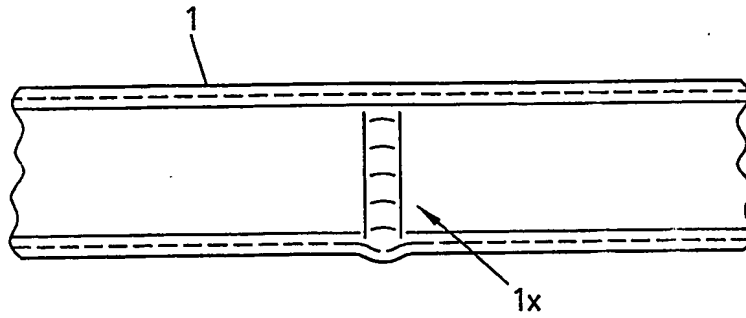


Fig.5a

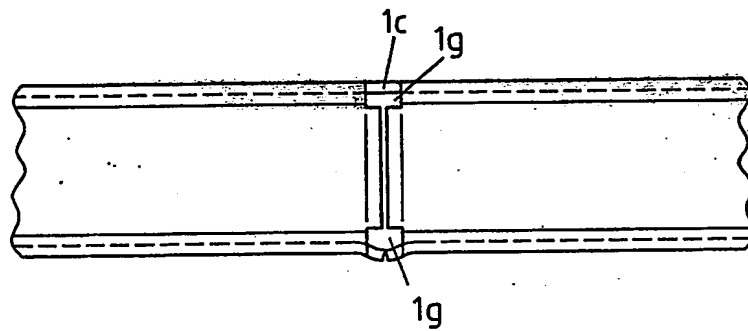


Fig.5b

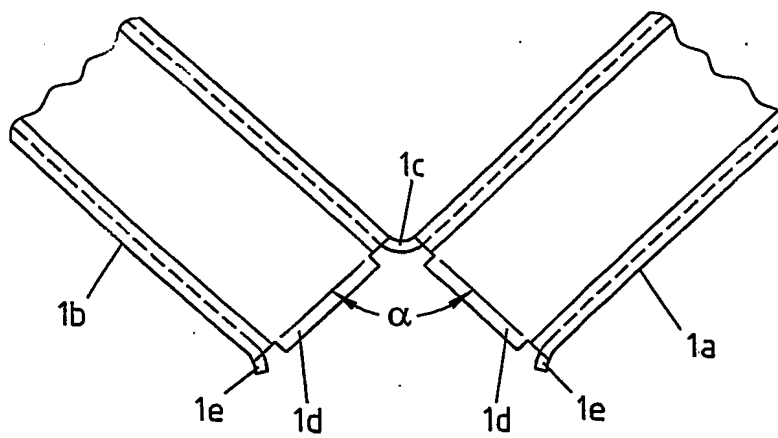


Fig.5c

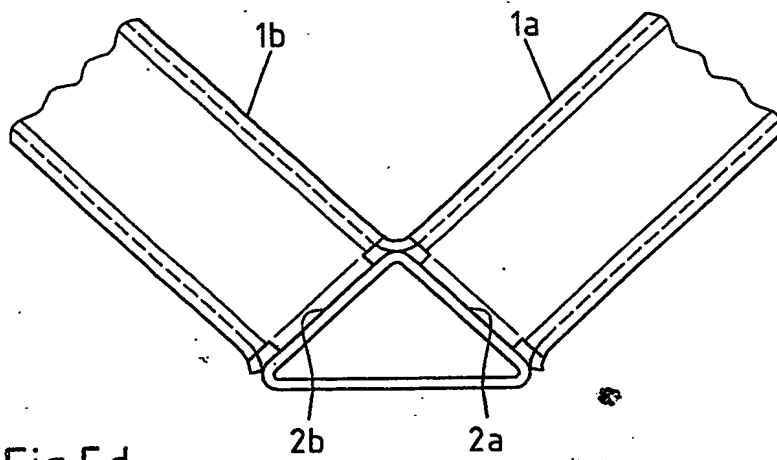


Fig.5d

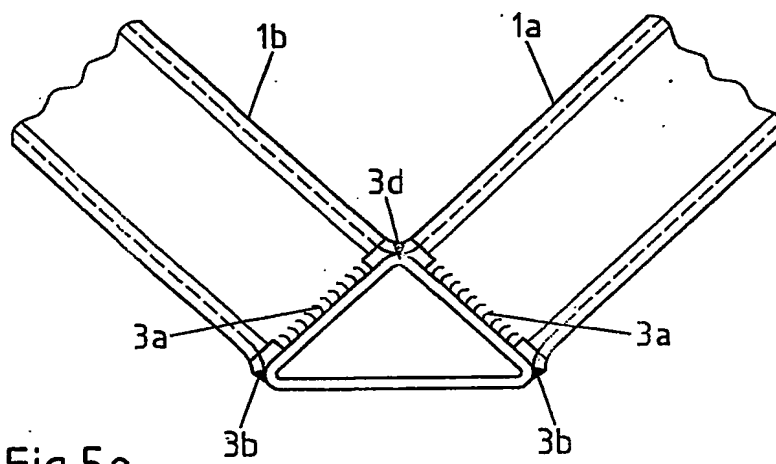
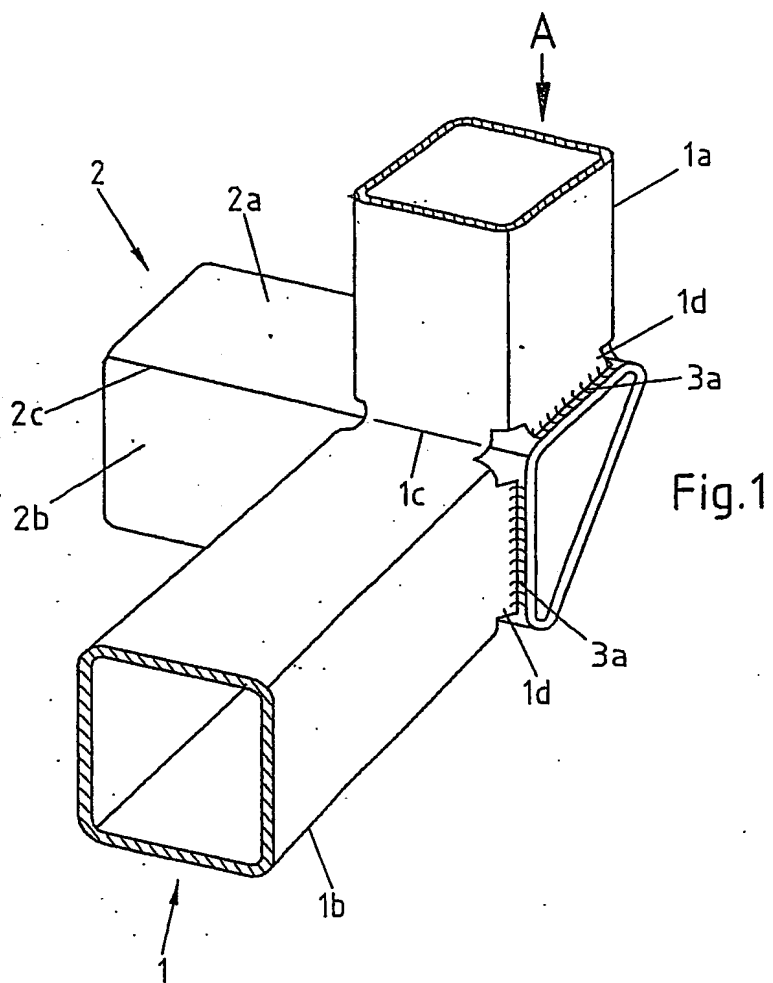


Fig.5e





BEST AVAILABLE COPY